

PENGARUH AMPLITUDO PADA PEMBUATAN BIODIESEL BERBAHAN DASAR MINYAK JELANTAH MENGGUNAKAN ULTRASONIK

EFFECT OF AMPLITUDE FOR BIODIESEL PROCESS FROM WASTE COOKING OIL BY ULTRASONIC

Nia Norissa¹, Egi Agustian², Suwandi³

^{1,3}Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

²Pusat Penelitian Kimia - LIPI, kawasan PUSPITEK Serpong

¹nianorissa@gmail.com, ²egiagustian@gmail.com, ³suwandi.sains@gmail.com

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh amplitudo sebagai parameter penting untuk proses biodiesel dari minyak jelantah menggunakan ultrasonik. Minyak jelantah merupakan bahan baku proses biodiesel dapat dianggap sebagai bahan baku yang ramah lingkungan. Percobaan ini digunakan untuk mengetahui konversi biodiesel terhadap waktu reaksi (10-40 menit) dan amplitudo (20-90%) menggunakan reaktor ultrasonik tanduk. Hasil proses biodiesel menggunakan reaktor ultrasonik tanduk adalah waktu reaksi 30 menit dan amplitudo 70%. Waktu reaksi dapat dikurangi menjadi empat kali (menit) dibandingkan dengan sistem pengadukan, dengan amplitudo 70% dapat dipastikan pencampuran dan pembentukan emulsi yang cukup baik dari dua lapisan reaksi yang tidak bercampur. Amplitudo pada ultrasonik dapat mempengaruhi laju reaksi dan konversi biodiesel karena energi yang ditransmisikan ke dalam tabung reaksi dan cairan.

Kata kunci : Biodiesel, minyak jelantah, ultrasonik, dan amplitudo

Abstract

The aim of this research is to investigate the effect of amplitude as an important parameter for biodiesel process from waste cooking oil by ultrasonic technique. Based on waste cooking oil as raw material can be considered as sustainable green feedstock. The experiment was used to determine the effect of ester contents by reaction time (10-40 minutes) and amplitude (20-90%) using horn ultrasonic reactor. The result of biodiesel process using horn ultrasonic reactor are the reaction time of 30 minute and amplitude of 70%. The reaction time reduced to four times (minute) compare to mechanical stirring with present amplitude 70% to ensure sufficient mixing and emulsification of two immiscible reaction layers. Ultrasonic amplitude could influence the reaction rate and biodiesel conversion as it is directly related with the transmitted of energy ultrasonic into the tube.

Keywords: Biodiesel, waste cooking oil, ultrasonic, and amplitude

1. Pendahuluan

Krisis energi dan polusi lingkungan adalah kekhawatiran yang terjadi diseluruh dunia. Oleh karena itu, jaminan ketersediaan energi merupakan masalah penting dalam empat dekade terakhir. Salah satu tantangan utama yang dihadapi dunia yaitu memenuhi kebutuhan pertumbuhan energi yang terus meningkat.^[7] Berdasarkan jenis sumber energi, bahan bakar fosil masih menjadi sumber energi penting, di Indonesia sekitar 48% telah dikonsumsi selama 2013 diikuti oleh batubara sebanyak 19%, gas alam sebanyak 19%, dan lain-lain 14%. Selama tahun 2013, sektor industri mengkonsumsi energi tertinggi yaitu sebesar 33%, kemudian diikuti oleh perumahan sebanyak 27% dan sektor transportasi sebanyak 27%. Sementara sektor komersial dan yang lainnya menggunakan sekitar 10%.^[1] Peneliti menemukan penelitian bahan bakar hayati menarik perhatian besar dari berbagai negara di seluruh dunia karena sifatnya yang dapat diperbaharui, memiliki emisi gas yang lebih sedikit dan dapat terbiodegrasikan.^[8] Sedangkan pembuatan biodiesel sendiri merupakan bukan sesuatu yang baru lagi. Pada tahun 2016 di Indonesia tercatat kandungan biodiesel pada bahan bakar solar sebanyak 20%, dan penggunaan biodiesel menjapai 3,2 juta kilo liter. Biodiesel dapat didefinisikan sebagai bahan bakar nabati yang berasal dari minyak sayur, lemak hewan, atau limbah minyak juga sebuah bahan bakar yang ramah lingkungan. Biodiesel diproduksi oleh transesterifikasi trigliserida dengan metanol terhadap katalis untuk memproduksi metil ester.^[9]

Biodiesel memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan bahan bakar diesel seperti dapat terbiodegrasikan atau terurai, tidak beracun, nilai emisi yang rendah, dan memiliki angka setana yang baik. Selain itu, biodiesel juga bebas dari kandungan sulfur dan mesin yang memakai bahan bakar biodiesel secara signifikan lebih sedikit menghasilkan partikular - partikular yang sejenis, sisa hidrokarbon, dan lebih sedikit karbon monoksida dibandingkan dengan mesin yang beroperasi dengan bahan bakar diesel.^[6] Proses pembuatan biodiesel terdapat dua metode yaitu esterifikasi dan transesterifikasi, dimana proses transesterifikasi sederhana memerlukan tabung reaktor yang besar dan memakan waktu reaksi yang lebih lama sehingga memerlukan energi yang lebih besar pula, karena proses ini melalui tahapan-tahapan yang panjang sehingga efisiensi energi rendah dan konsumsi energi tinggi, biaya produksi biodiesel meningkat.^[12] Lalu digunakan teknologi ultrasonik dimana dilakukan sonikasi langsung terhadap bahan baku tanpa melakukan pengaturan terhadap suhu. Gelombang yang merambat ke dalam larutan membuat molekul terkompresi dan meregang oleh tekanan. Fenomena ini secara otomatis meningkatkan sebagian besar suhu pada wadah sampel dan juga meningkatkan reaksi kimia yang diinginkan. Dalam studi ini katalis homogen diterapkan untuk meningkatkan laju reaksi transesterifikasi menggunakan ultrasonik. Untuk mendapatkan nilai maksimum dari proses yang dikerjakan maka parameter yang digunakan antara lain, rasio molar metanol - minyak, konsentrasi katalis, dan amplitudo, terhadap waktu.

2. Material dan Metodologi

2.1 Material

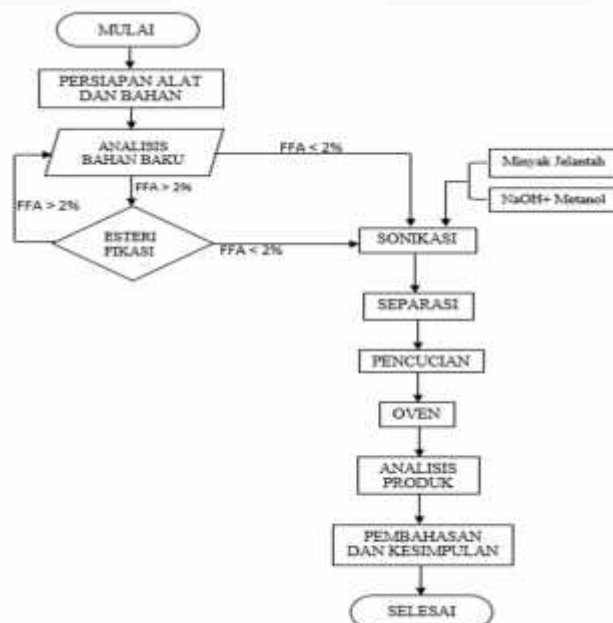
Bahan baku untuk pembuatan biodiesel didapat dari sebuah rumah makan pecel lele di Tanjung Priok, Jakarta Utara. Sedangkan metanol dan katalisnya (Kalium Hidroksida, Natrium Hidroksida) disediakan oleh Pusat Penelitian Kimia, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, kawasan PUSPITEK Serpong.

2.2 Unit Ultrasonik

Sonikator (Model Q500 Fisher Scientific) bertugas sebagai unit pengolahan utama dalam penelitian ini. Sonikator memiliki daya keluaran 500 Watt pada frekuensi tetap 20 kHz dengan dimensi 203mm x 387 mm x 216 mm. Tanduknya terbuat dari paduan titanium dengan 9 tingkatan amplitudo untuk memvariasikan efek aplikasi ultrasonik.

2.3 Proses Kerja

Urutan proses kerja yang dilakukan pada penelitian, dapat dilihat pada penjelasan diagram alir Gambar 1. Sebagai berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Informasi dari diagram alir di atas, terdapat beberapa langkah pengerjaan terlebih dahulu dilakukan sebelum memulai proses, yaitu menyiapkan bahan baku yang disaring untuk membuang kotoran sisa dari bekas bahan makanan lalu mencari bilangan asam untuk menentukan apakah proses esterifikasi dibutuhkan. Jika nilai asam lemak bebasnya > 2 maka dilakukan esterifikasi lalu transesterifikasi, namun jika nilainya sudah < 2 maka langsung dilakukan proses pembuatan biodiesel dengan ultrasonik. Parameter yang dipakai yaitu rasio molat minyak – metanol 1:9, konsentrasi katalis 1%, dan nilai amplitudonya 20 – 90% dengan kenaikan 10%. Setelah penelitian berhasil dengan terbentuknya dua layer pada cairan. Selanjutnya nilai maksimum yang didapat akan dianalisis *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) dan *Gas Chromatography Mass Spectrometry* (GC-MS).

2.3 Fourier Transform Infra-Red (FTIR)

Analisis hasil biodiesel dengan *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) dilakukan untuk membuktikan adanya senyawa ester dari percobaan ini, dimana ester merupakan biodiesel itu sendiri.^[10] Untuk pembuktiannya dapat dilihat melalui Gambar 4.4 hasil analisis dari biodiesel dan Gambar 4.5 hasil analisis dari minyak jelantah serta penjelasannya pada Tabel 2.

2.4 Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS)

Setelah didapati adanya senyawa ester pada hasil biodiesel, maka dilanjutkan dengan uji GC-MS. Komposisi asam lemak dari setiap minyak berbeda – beda, tergantung kepada sumbernya. Analisis pendugaan senyawa yang terdapat di dalam sampel minyak (kualitatif) dan analisis kuantitatif dilakukan terhadap beberapa peak yang dapat dilihat dari Tabel 3 yaitu hasil analisis GC-MS.^[5]

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis Bahan Baku

Sebelum memulai percobaan ketiga bahan baku tersebut disaring terlebih dahulu menggunakan kertas saring dan corong pisah yang berguna untuk memisahkan kotoran padat dan sisa makanan yang dapat menghambat laju reaksi atau proses nantinya lalu, setelah itu dilakukan analisis terhadap bahan baku yang berguna untuk menentukan proses yang akan dipakai, yaitu esterifikasi lalu transesterifikasi atau hanya transesterifikasi. Berikut Tabel 1 menunjukkan informasi mengenai bahanbaku yang akan dipakai.

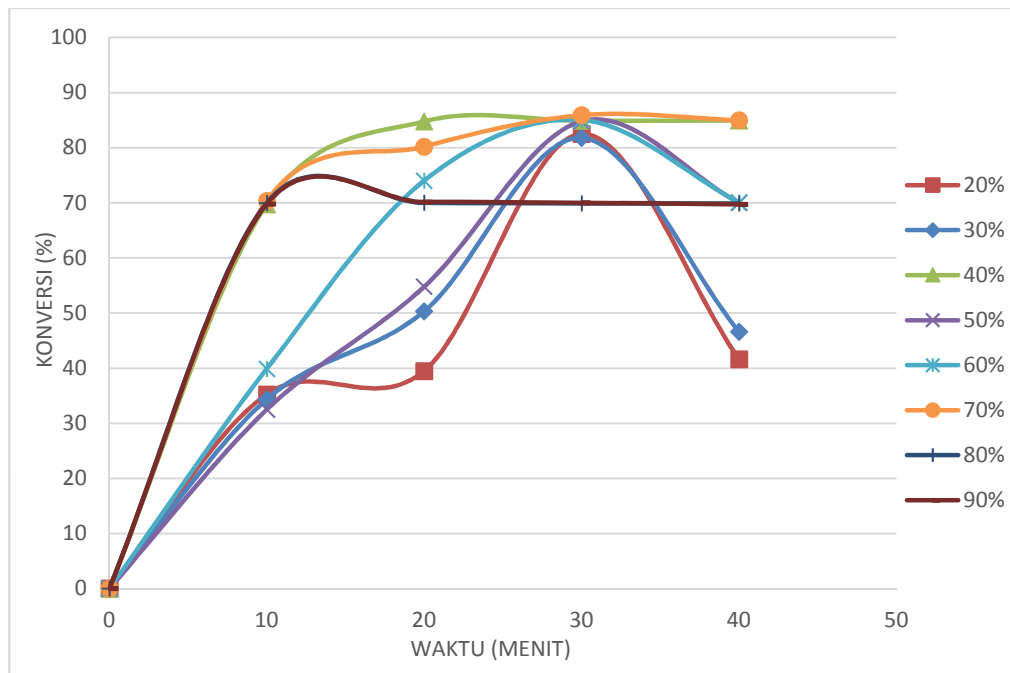
Tabel 1. Kandungan Bahan Baku

Parameter dan Satuan	Pecel Lele	Gorengan	Rumah Tangga
Bilangan Asam (mgKOH/g)	1,8346	1,5742	1,5333
Asam Lemak Bebas (%)	1,3394	1,2257	1,5084
Densitas (kg/m ³)	924,1	962,4	979,5
Viskositas (cSt)	62,60	61,70	51,88

Melalui tabel tersebut, didapatkan beberapa informasi penting seperti nilai asam lemak bebas yang didapat dari bahan baku yang dititrasikan terhadap larutan KOH – Etanol, dari ketiga bahan baku tersebut di bawah 2%, sehingga proses esterifikasi yang berfungsi untuk menurunkan kadar asam lemak bebas pada bahan baku tidak perlu dilakukan dan langsung menggunakan proses transesterifikasi. Selain mencari bilangan asam dan asam lemak bebas, dibutuhkan juga informasi lain mengenai bahan baku seperti massa jenis yang dicari dengan bantuan alat piknometer dan viskositas menggunakan alat viskositas Oswald. Nantinya nilai – nilai di atas akan dibandingkan dengan minyak yang sudah menjadi biodiesel lalu disesuaikan dengan Standar Nasional Indonesia biodiesel.

3.2 Pengaruh Amplitudo Terhadap Konversi Biodiesel

Keuntungan khusus dalam menggunakan ultrasonik pada proses pembuatan biodiesel yaitu menghilangkan kebutuhan akan pemanasan eksternal. Sonikasi langsung pada campuran reaksi menghasilkan peningkatan suhu.^[3] Bahkan pada suhu rendah, sonikasi langsung dapat membuat biodiesel walaupun konversi yang dihasilkan tidak begitu signifikan. Konversi merupakan zat yang berubah menjadi produk dibandingkan dengan jumlah zat reaktan mula – mula, besar atau kecilnya konversi dapat ditentukan atau dipengaruhi oleh beberapa faktor. Grafik dari pengaruh amplitudo terhadap konversi biodiesel dapat dilihat dari Gambar 2.



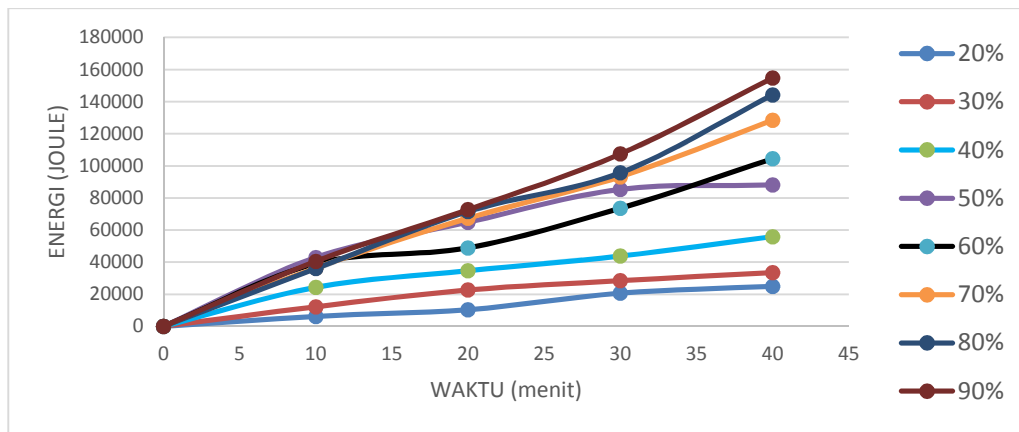
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Pada nilai amplitudo rendah sebesar 20% tidak terbentuknya biodiesel secara kasat mata, disebabkan tidak terbentuknya dua layer pada hasil percobaan, namun nilai asam lemak bebasnya menurun. Sedangkan untuk nilai amplitudo yang tinggi, tidak menjamin membuat nilai konversi biodiesel meningkat pula. Hal ini dikarenakan kecilnya energi yang transmisikan dari ultrasonik di tambah dengan sedikitnya waktu reaksi, sehingga belum memadai terjadinya reaksi antara asam lemak bebas terhadap alkohol dan terpisahnya gliserol dari minyak nabati. Gagalnya percobaan - percobaan terlihat dari hasil yang sebagian besar berbentuk sabun atau sebagian besar hasil berupa katalis yang diketahui saat pencucian, yaitu cairan larut dalam air. Adanya sabun pada reaksi akan menghambat pembentukan produk sehingga hasil yang didapat tidak menunjukkan kenaikan yang signifikan, selain itu sabun juga meningkatkan viskositas dari biodiesel dan mengganggu pemisahan gliserol.^[4] Namun pada waktu reaksi yang sama tetapi nilai amplitudo yang diberikan besar, maka terbentuk biodiesel.

Hal ini yang membedakan proses pembuatan biodiesel melalui ultrasonik dengan pembuatan konvensional. Besarnya energi yang ditransmisikan ultrasonik dapat dilihat dari nilai amplitudonya yang mempercepat berlangsungnya proses pembuatan, yaitu dengan efek kavitasi maka dengan waktu singkat terbentuk biodiesel.^[2] Sedangkan nilai amplitudo yang tinggi dengan waktu reaksi yang lama juga tidak terjadi atau terbentuknya biodiesel. Hal lainnya disebabkan suhu cairan meningkat akibat gelombang ultrasonik yang ditransmisikan, sehingga menyebabkan alkohol pada pembuatan biodiesel menguap dikarenakan suhu mencapai 100°C. Pada proses ini juga menggunakan batu es yang diletakkan disamping wadah penampung, namun dengan lamanya waktu reaksi menyebabkan batu es tidak berperan banyak dalam menjaga suhu dari alkohol agar tidak menguap. Dari informasi grafik pada Gambar 2 kondisi maksimum didapati ketika amplitudo menunjukkan nilai sebesar 70% dan waktu reaksi selama 30 menit dengan konversi yang paling tinggi yaitu sebesar 85.91%.

3.3 Konsumsi Energi

Energi berperan pada pengadukan dan pemanasan pada proses pembuatan secara konvensional energi ditransmisikan terhadap ujung atau *horn* dari alat ultrasonik. Grafik menunjukkan energi yang dikonsumsi selama proses sesuai dengan nilai amplitudo yang diberikan. Energi ini tertera pada alat setelah selesainya proses berlangsung, alat menunjukkan berapa energi yang ditransmisikan selama berlangsungnya proses. Terlihat pada Gambar 3, semua variasi menunjukkan analisis tren yang meningkat seiring dengan meningkatnya waktu reaksi. Semakin besar energi yang diberikan, berakibat meningkatnya juga suhu dari cairan dan mengganggu atau menghambat pembuatan biodiesel. Suhu yang terlampaui tinggi di dalam proses dapat menjadikan senyawa yang dicampurkan menguap, dan kembali menjadi minyak jelantah sehingga tidak terjadinya pembuatan biodiesel.^[12] Gambar 3 menunjukkan konsumsi energi selama berjalannya proses pembuatan biodiesel pada setiap variasi amplitudo.

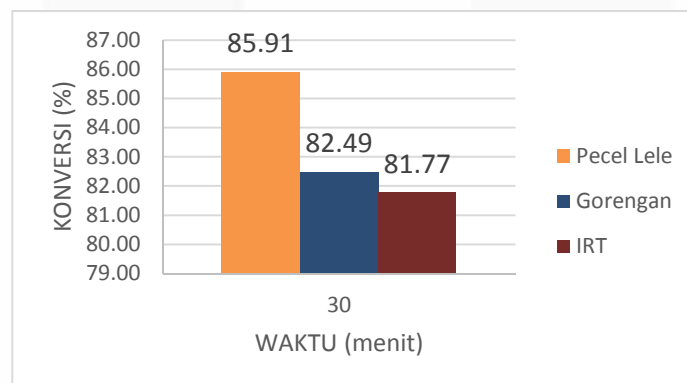


Gambar 3. Konsumsi Energi dari Ultrasonik yang Terpakai Selama Proses Pembuatan Biodiesel

Penggunaan energi terbesar terlihat saat nilai amplitudo sebesar 90% dan waktu reaksi selama 40 menit, energi yang terpakai yaitu sebesar 154754 Joule. Sedangkan konsumsi energi yang paling sedikit yaitu pada amplitudo 10% dan waktu reaksi selama 10 menit, energi yang terpakai yaitu sebesar 6231 Joule. Untuk hasil maksimum biodiesel, yaitu saat amplitudo 70% dan waktu reaksi 30 menit, energi yang terpakai sebesar 93218 Joule.

3.4 Konversi Biodiesel dari Ketiga Bahan Baku

Setelah dilakukan proses pembuatan biodiesel dari bahan baku pecel lele, maka dilakukan hal yang sama terhadap kedua bahan baku pembanding dengan konversi maksimum yang didapat pada proses pertama. Pada Gambar 4 terlihat perbandingan hasil konversi yang dihasilkan dari ketiga bahan baku minyak jelantah yang diambil dari tukang pecel lele, tukang gorengan dan bekas penggunaan rumah tangga.



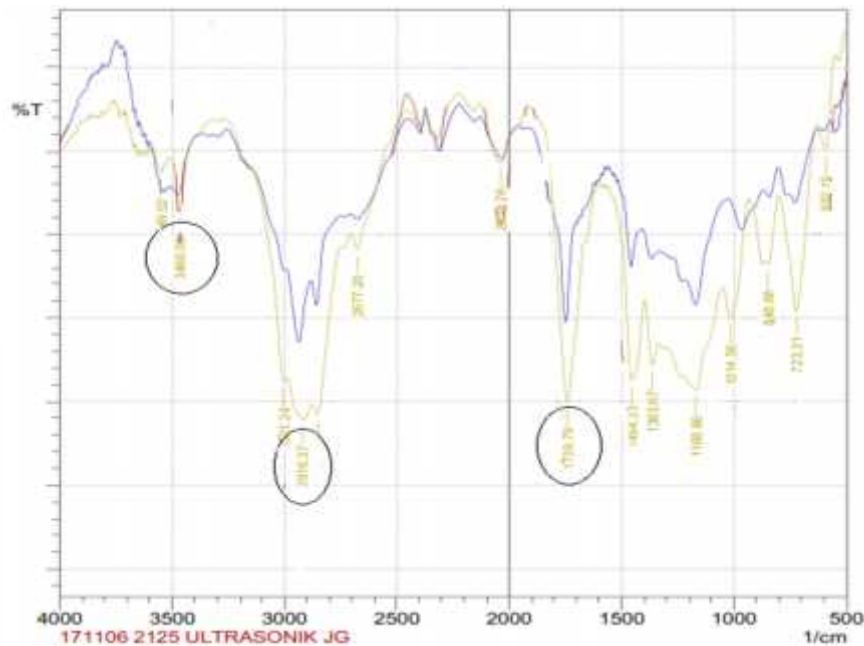
Gambar 3. Konversi Biodiesel dari Hasil Maksimum Pembuatan Biodiesel dengan Ultrasonik serta Minyak Pembanding menggunakan Rasio Molar Minyak-Metanol dan Konsentrasi Katalis 1%

Biodiesel yang berasal dari minyak jelantah minyak lele mendapati konversi yang lebih besar dari pembandingnya yaitu 85,91%, sedangkan konversi dari minyak gorengan sebesar 82,49% dan konversi dari minyak jelantah dari rumah tangga sebesar 81,77%. Ketiga biodiesel ini diproses dengan nilai yang sama, yaitu amplitudo sebesar 70%, rasio molar minyak – metanol 1:9 dan konsentrasi sebesar 1%. Perbedaan hasil konversi dari ketiganya, disebabkan oleh kandungan air pada bahan baku yang berbeda - beda, air yang terkandung pada bahan baku pada saat proses akan bereaksi dengan air dan menyebabkan katalis berkurang.^[4] Kandungan air dari pecel lele sebesar 1,328%, gorengan sebesar 1,505% dan rumah tangga sebesar 1,819%.

3.5 Analisis Hasil Biodiesel dengan Fourier Transform Infra-Red (FTIR)

Setelah berhasilnya proses pembuatan biodiesel, serta mendapatkan nilai maksimum dari bahan baku pecel lele, diterapkan pada bahan baku minyak jelantah gorengan dan minyak jelantah rumah tangga. Lalu setelah selesai proses, maka dilakukan uji analisis Fourier Transform Infra-Red (FTIR). Analisis hasil biodiesel dengan

Fourier Transform Infra-Red (FTIR) dilakukan untuk membuktikan adanya senyawa ester dari percobaan ini, dimana ester merupakan biodiesel itu sendiri.^[10] Untuk membuktikan adanya senyawa ester dapat dilihat gugus fungsional utama yang diperhatikan yaitu OH, CH dan CO.

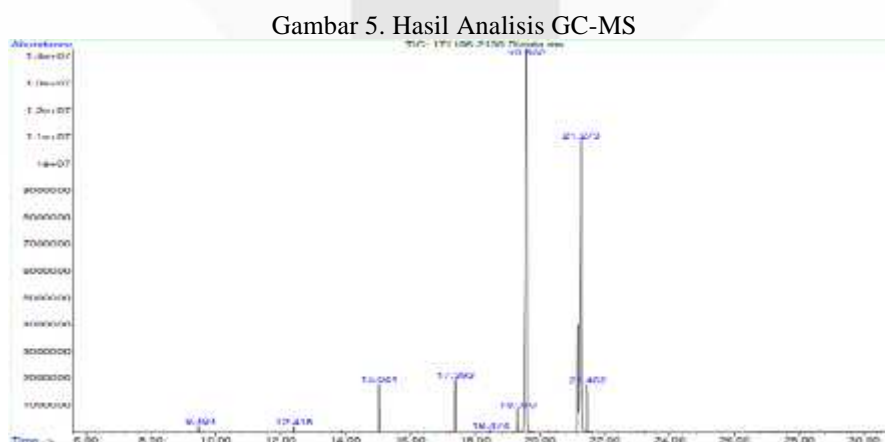


Gambar 4. Hasil Analisis FTIR Biodiesel

Pada gambar di atas, daerah spektrum 1500-2000 cm^{-1} dengan nilai 1739,79 (pada lingkaran hitam pertama) yang puncaknya tajam dan sangat karakteristik, terjadinya serapan gugus CO. Lalu daerah spektrum 2500-3000 cm^{-1} dengan nilai 2916,37 (pada lingkaran hitam kedua), pada bagian ini akan memunculkan serapan gugus CH dan yang terakhir daerah spektrum 3000-3500 cm^{-1} dengan nilai 3466,08 (pada lingkaran hitam ketiga) bagian ini akan memunculkan serapan OH. Ketiga serapan ini atau gugus fungsional ini menunjukkan adanya senyawa ester.

3.6 Analisis Hasil Biodiesel dengan Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS)

Setelah didapati adanya senyawa ester pada uji analisis FTIR, dilanjutkan dengan uji GC-MS. Komposisi asam lemak dari setiap minyak berbeda-beda, tergantung kepada sumbernya.^[5] Analisis senyawa yang terdapat di dalam sampel minyak (kualitatif) dan analisis kuantitatif dilakukan terhadap beberapa puncak yang dapat dilihat dari Gambar 5 yaitu hasil analisis GC-MS.



Gambar 5. Hasil Analisis GC-MS

Senyawa yang terkandung dapat dilihat dari puncak grafik yang menentukan senyawa tersebut memiliki kemiripan dengan senyawa standar. Suatu senyawa dikatakan mirip dengan senyawa standar jika memiliki berat molekul yang sama, pola fragmen yang mirip, dan harga indeks kemiripan yang tinggi.^[5] Senyawa yang terkandung dalam

biodiesel dapat dilihat dari besarnya persentase senyawa. Senyawa- senyawa tersebut dapat dilihat dari Tabel 3 yaitu kandungan-kandungan senyawa metil ester.

Tabel 3. Kandungan Senyawa Metil Ester

No. Peak	Persentase (%)	Senyawa Teridentifikasi
1	0,96	Metil Kaprilat
2	0,93	Metil Linoleat
3	6,27	Metil Laurik
4	4,44	Metil Miristat
5	0,13	Pentadesilat
6	2,26	Metil 9 - Hexadecenoic
7	45,67	Metil Palmitat
8	36,79	Metil Oleat
9	2,56	Metil Stearat

Tabel tersebut menunjukkan bahwa senyawa dominan dari biodiesel adalah metil palmitat sebesar 45,67% dan metil oleat sebesar 36,79%. Metil palmitat dan metil oleat memiliki potensi yang baik untuk dijadikan bahan bakar biodiesel yang berkualitas.^[13]

3.7 Karakteristik Biodiesel

Setelah proses pembuatan biodiesel, maka kandungan dari minyak jelantah dari ketiga bahan baku berubah seperti tabel di atas, dan dibandingkan dengan standar SNI biodiesel. Berikut informasi pada Tabel 4 mengenai kandungan biodiesel dari ketiga sumber bahan baku yang berbeda.

Tabel 4. Informasi Kandungan Biodiesel dan Pembandingnya dengan Amplitudo 30%, Rasio Molar Minyak-Metanol 1:9 dan Konsentrasi Katalis 1%

Jenis Minyak	Karakteristik				
	Bilangan Asam (mgKOH/g)	Densitas (kg/m ³)	Viskositas (cSt)	Kadar Air (%)	pH
Pecel Lele	0,2362	884,5	4,17	0,04	8
Gorengan	0,2756	871,6	3,69	0,014	7
Rumah Tangga	0,2794	852,6	3,90	0,016	7
Standar SNI	Maks 0,8	850 - 890	2,3 – 6,0	Maks 0,05	7 - 8

Dari ketiga biodiesel didapati nilai bilangan asamnya rata-rata 0,2 mgKOH/g sampel dan tidak melebihi dari 0,8 mgKOH/g sampel pada standar. Lalu berat jenis memiliki rata – rata sebesar 850 kg/m³ sesuai dengan perbandingan dengan SNI. Nilai viskositas dari biodiesel mengalami penurunan drastis dari nilai viskositas bahan baku, yaitu dari rata – rata 60 cSt sampai dengan di bawah 6 cSt pada standar. Kadar air yang turun setelah dilakukan oven selama 2 jam mencapai 0.01%. Serta nilai pH tidak lebih dari standar. Karakteristik di atas sudah sesuai dengan SNI 04-7182-2006.

4. Kesimpulan

Hasil percobaan dalam melihat pengaruh amplitudo pada pembuatan biodiesel menggunakan ultrasonik, bahwa semakin tinggi nilai amplitudo tidak menjamin nilai konversi biodiesel juga meningkat, karena dalam pembuatan biodiesel terdapat komponen lain yang juga harus diperhatikan. Hasil konversi maksimum yang didapat yaitu ketika nilai amplitudo 70% dengan waktu reaksi 30 menit dan konversi sebesar 85,91%. Setelah diterapkan pada minyak pembanding, nilai konversi dari kedua minyak yaitu 82,49% untuk tukang gorengan dan 81,77% untuk rumah tangga. Sedangkan karakteristik dari ketiga biodiesel sudah memenuhi SNI.

Daftar Pustaka:

- [1] Dewan Energi Nasional Republik Indonesia, 2014
- [2] Dipak D. Pukale, dkk. 2013. "Ultrasound Assisted Interesterification of Waste Cooking Oil and Methyl Acetate for Biodiesel and Triacetin Production". Science Direct 116: 241-249.
- [3] Gude, Veera Gnanaswar dan Georgene Elizabeth Grant. 2013. Biodiesel from Waste Cooking Oils via Direct Sonication. Science Direct 109:135-144.
- [4] Hikmah, Maharani Nurul dan Zuliyana. 2010. "Pembuatan Metil Ester (Biodiesel) dari Minyak Dedak dan Metanol dengan Proses Esterifikasi dan Transesterifikasi". Tugas Akhir: Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- [5] Hutami, Rosy. Dkk. 2012. "Analisis Komponen Asam Lemak dalam Minyak Goreng dengan Instrumen GC-MS (Gas Chromatography-Mass Spectrometer)". Tugas Akhir: Program Studi Ilmu Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- [6] Maddikeri, dkk. 2012. "Intensification approaches for biodiesel synthesis from waste cooking oil". A review Industrial & Engineering Chemistry Research 51 (2012) 14610–14628.
- [7] Manjunatha, dkk. 2015. "CI Engine Analysis using Sunflower and Peanut Bio-Diesel Blends". International Journal of Advanced Research. Volum 3, Issues 6, ISSN 2520-2531.
- [8] Phan, dkk. 2008. "Biodiesel Production from Waste Cooking Oils". Science Direct 87: 3490-3496.
- [9] Rashid, dkk. 2008. "Production of Sunflower Oil Methyl Esters by Optimized Alkali-Catalyzed Methanolysis". Science Direct 32: 1202-1205.
- [10] Siswani, Endang Dwi. Dkk. 2012. "Sintesis dan Karakteristik Biodiesel dari Minyak Jelantah pada Berbagai Waktu dan Suhu". Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta.
- [11] Yulita, Dini Putri. dkk. 2014. "Analisa Spektrometri Spektrofotome Inframerah". Tugas Akhir: Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan, Universitas Negeri Padang.
- [12] Zare, dkk. 2013. "Microwave-assisted Biodiesel Fuel Production from Waste Cooking Oil". International Journal of Agriculture and Crop Sciences. Volume 5, nomor 12, ISSN 2227-670.
- [13] Setyawardhani, dkk. 2010. "Peningkatan Kualitas Biodiesel dari Asam Lemak Jenuh Minyak Biji Karet dengan Proses Hidrolisis". Ekuilibrium volum 2. ISSN: 1412-9124